

# *Useful Daylight Illuminance* (UDI) pada Sekolah Dasar Negeri 1 (Satu) Banda Sakti Lhokseumawe, Aceh

Atthaillah<sup>1</sup>, Andik Bintoro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe.

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe.

Email korespondensi: atthaillah@unimal.ac.id

## Abstrak

Studi ini menyajikan data pengukuran pencahayaan alami dengan metrik *Useful Daylight Illuminance* (UDI) pada ruang kelas Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Banda Sakti, Kota Lhokseumawe. Terdapat 6 (enam) ruang belajar pada objek studi ini dengan kondisi masing-masing 3 (tiga) ruang pada lantai 1 (satu) dan 2 (dua). Metrik UDI merupakan salah satu teknik pengukuran cahaya alami dengan *Climate Based Daylight Modeling* (CBDM). CBDM memiliki kemampuan pengukuran pencahayaan alami lebih akurat dikarenakan menggunakan kondisi cuaca spesifik ke lokasi penelitian dalam hal ini menggunakan *file* cuaca untuk Kota Lhokseumawe. Lebih jauh, UDI memberikan kemampuan untuk memprediksi kondisi cahaya terpenuhi dan tidak terpenuhi akibat kekurangan dan kelebihan cahaya pada objek studi. Metode simulasi komputasi digunakan pada studi ini dengan menggunakan *Rhinoceros* versi 6, *Grasshopper* versi 1 serta *Ladybug Tools* untuk membuat algoritma simulasi pencahayaan alami metrik UDI. *Ladybug Tools* memiliki akses terintegrasi untuk melakukan simulasi dengan *engine* simulasi cahaya alami tervalidasi seperti *Radiance* dan *Daysim*. Hasil simulasi pada objek penelitian yang dibahas pada artikel ini menunjukkan kondisi pencahayaan alami yang kurang memuaskan. Dengan skala penilaian yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan satu kelas pada kondisi kurang yaitu R1 dengan kondisi UDI 250-750 Lux 38,41%. Lima ruang lainnya R2, R3, R4, R5 dan R6 berada pada kategori cukup dengan nilai UDI 250-750 Lux berturut-turut 44,11%, 48,94%, 52,52%, 54,45% dan 51,20%.

**Kata kunci** : *Useful daylight illuminance* (*udi*), pencahayaan alami, sekolah dasar, *climate based daylight modeling* (*cbdm*), simulasi komputasi.

## Pendahuluan

Artikel ini merupakan bagian dari penelitian yang sedang penulis lakukan untuk melakukan investigasi pencahayaan alami pada ruang kelas 22 (dua puluh dua) sekolah dasar negeri yang ada di Kecamatan Banda Sakti Lhokseumawe. Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 (satu) Banda Sakti yang dipilih pada tulisan ini karena pada saat penulisan dilakukan, survey untuk pengumpulan data dan permodelan yang komplisit untuk simulasi selesai hanya pada sekolah tersebut. Pada saat penulisan sekolah ini merupakan salah satu sekolah yang terletak di kawasan urban padat. Selain itu, sekolah ini terdiri dari dua lantai dengan masing-masing lantai ada tiga ruang kelas. Semua ruang kelas menghadap ke satu orientasi.

Adapun tujuan penelitian yang penulis lakukan adalah untuk menyediakan data pencahayaan alami pada sekolah-sekolah dasar negeri yang ada di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. Dengan adanya data-data tersebut maka dapat diperoleh gambaran umum desain sekolah yang telah

memenuhi ataupun belum memenuhi standar pencahayaan alami yang baik. Tentunya hasil dari penelitian ini dapat memberikan masukan untuk desain ruang kelas yang ramah terhadap pencahayaan alami terutama pada sekolah dasar negeri yang ada pada Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. Lebih jauh saran dari penelitian ini juga dapat digunakan pada sekolah lainnya dengan adaptasi dan alterasi sesuai dengan kondisi daerah tertentu.

## **Tinjauan Pustaka**

Pencahayaan alami yang baik memiliki beberapa manfaat yang dapat mendukung performa dan kesehatan para siswa. Secara performa, kondisi cahaya alami yang baik dalam kelas dapat memperbaiki focus siswa, hal ini disebabkan oleh produksi melatonin, penyebab rasa kantuk, yang menurun (Lechner, 2007). Hal lainnya terkait peningkatan performa adalah pencahayaan alami yang baik dapat memperbaiki *mood* dan juga mengurangi depresi (Boubekri, 2008; Mediastika, 2013). Secara kesehatan, Boubekri (2008) dan Mediastika (2013) menjelaskan pencahayaan alami dapat berkontribusi meningkatkan produksi vitamin D, meningkatkan kekebalan tubuh dan memperbaiki peredaran darah.

Urgensi pencahayaan alami yang baik telah menjadi perhatian pada desain sekolah-sekolah di negara-negara maju seperti Amerika dan Eropa. Studi yang dilakukan di California, Amerika Serikat menunjukkan dengan pencahayaan alami yang baik dapat meningkatkan performa akademik siswa (Heschong, Wright, & Okura, 2000). Sementara di Swedia studi terhadap 90 (sembilan puluh) sekolah dasar mendapatkan bahwa dengan cahaya alami yang baik dapat membuat modifikasi hormonal pada siswa untuk peningkatan konsentrasi belajar (Boubekri, 2008).

Di Indonesia sendiri studi evaluasi pencahayaan alami pada sekolah, terutama sekolah dasar, masih sangat langka. Ada dua studi yang berhasil penulis temukan, pertama, Idrus, Hamzah, & Mulyadi (2016) melakukan investigasi cahaya alami pada tiga sekolah dasar di Kota Makasar. Pengukuran langsung pada satu hari tertentu mereka lakukan pada riset tersebut. Pada studi tersebut hasil menunjukkan bahwa penerimaan cahaya matahari berada pada kondisi tidak memadai. Pengukuran pada satu hari tidak bias mewakili kondisi distribusi pencahayaan alami tahunan pada objek studi. Kedua, Wibowo, Kindangen, & Sangkertadi (2017) melakukan investigasi pencahayaan alami pada dua sekolah dasar di Kota Manado dengan metrik *Daylight Factor (DF)*. Hasil menunjukkan kondisi pencahayaan alami tidak baik pada kedua sekolah tersebut. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan sekitar yang padat. Metrik DF merupakan permodelan pencahayaan alami statis yang bergantung penerimaan cahaya berdasarkan kondisi cahaya langit. Pada metrik DF matahari tidak dianggap ada sehingga orientasi tidak menjadi penting dengan menggunakan metrik ini.

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan alternatif metode yang lebih baik dari penelitian sebelumnya yaitu dengan menawarkan *Climate Based Daylight Modeling (CBDM)*. Dengan metode ini lokasi dan orientasi menjadi sangat penting untuk dipertimbangkan pada pengukuran pencahayaan alami. Metrik yang digunakan pada penelitian ini adalah *Useful Daylight Illuminance (UDI)*.

## **Metode Penelitian**

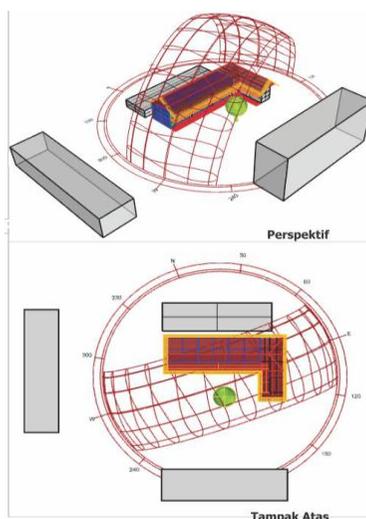
Penelitian ini menggunakan metode simulasi komputasi untuk menguji iluminansi pada ruang kelas dengan metrik UDI. Dengan metrik ini kondisi pencahayaan alami dapat diukur lebih akurat (Anderson, 2014; Nabil & Mardaljevic, 2005). Dalam CBDM memang ada metrik *Daylight Autonomy (DA)*, namun metrik ini tidak dapat menentukan batas atas untuk kondisi iluminansi tidak terpenuhi. Sehingga dengan DA kondisi cahaya berlebih, yang menyebabkan ketidaknyaman visual dan termal, tidak dapat diprediksi (Moreno & Labarca, 2015). UDI merupakan metrik yang memungkinkan menentukan batas bawah dan batas atas untuk kondisi pencahayaan tidak terpenuhi. Sebagaimana diperkenalkan oleh Nabil & Mardaljevic (2005) batas bawah  $UDI < 100$  Lux, terpenuhi 100-2000 Lux

dan kondisi cahaya berlebih  $UDI > 2000$  Lux. Kondisi cahaya terpenuhi telah diperbaharui menjadi 100-3000 Lux (Mardaljevic, Andersen, Roy, & Christoffersen, 2012). Sementara untuk kondisi Indonesia belum ada kajian yang komprehensif untuk batasan UDI memenuhi. Untuk itu studi ini menggunakan batas terpenuhi sesuai dengan kondisi yang ada pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk kebutuhan cahaya pada ruangan untuk lembaga pendidikan dalam hal ini 250-750 Lux (SNI 03-6197, 2000). Sehingga batas bawah tidak terpenuhi menjadi  $UDI < 250$  Lux dan batas atas  $UDI > 750$  Lux.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran langsung menggunakan alat ukur *laser meter* dan meteran manual untuk ukuran objek yang lebih kecil dan tidak terbaca di laser meter. Selanjutnya, memodelkan hasil pengukuran kedalam file digital dengan piranti *Rhinoceros 6*. Permodelan dilakukan dalam bentuk representasi ruang kelas untuk tujuan pengukuran pencahayaan alami dengan teknik komputasi menggunakan *Ladybug Tools*, yaitu sebuah plugin analisis lingkungan yang berjalan pada *Grasshopper*. Penjelasan lebih detail tentang pengukuran dengan teknik ini dapat dilihat Atthailah, Wijayanti, & Hassan (2018) dan Atthailah, Bakhtiar, & Badriana (2019). Metode tersebut kembali penulis gunakan pada studi ini tentunya dengan beberapa alterasi seperti menentukan batasan UDI terpenuhi dan tidak terpenuhi sesuai dengan SNI seperti dijelaskan sebelumnya.

Berikutnya, deskripsi objek penelitian yaitu SDN 1 Banda Sakti Lhokseumawe. Sekolah tersebut terdiri dari 2 (dua) lantai dan memiliki 6 (enam) ruang kelas, masing-masing 3 (tiga) kelas disetiap lantainya. Ukuran ruang belajarnya 7x8 meter dengan ketinggian ruangan 3 meter. Semua ruang kelas memiliki satu orientasi seperti ditunjukkan permodelan untuk simulasi pada Gambar 1. Foto bangunan SD tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 dengan kode ruang untuk simulasi pada studi ini dari R1 sampai R6. Sementara, hasil permodelan digital dan orientasi bangunan sekolah SDN 1 Banda Sakti Lhokseumawe dapat dilihat pada Gambar 1.

Selanjutnya, bukaan pada ruang kelas berupa jendela berderet dengan ventilasi dibagian atas. Ukuran jendela adalah 1,15 X 0,90 meter, sedangkan ukuran ventilasi sirip vertikal adalah 0,60 X 0,90 meter. Sirip vertical memiliki lebar 0,60 X 0,12 X 0,02 meter, sirip ini disusun dengan jarak 0,08 meter. Jenis kaca yang digunakan adalah kaca transparan. Dilantai 1 dan 2 terdapat teras dengan lebar 2 meter.



**Gambar 1.** Permodelan, orientasi dan diagram matahari pada bangunan SDN 1 Banda Sakti Lhokseumawe (Penulis, 2019)



**Gambar 2.** Foto dan kode ruang untuk simulasi SDN 1 Banda Sakti Lhokseumawe (Penulis, 2019)

Sementara konteks yang berpengaruh terhadap penerimaan matahari terletak pada bagian belakang ruang kelas dengan ketinggian 2,50 meter. Konteks tersebut terdiri dari pagar dan bangunan tetangga. Hal lainnya yang dianggap konteks pada studi ini adalah tritisan (*overhang*) atap dan teras dari struktur bangunan sekolah. Pohon yang terdapat pada perkarangan sekolah juga dimodelkan sebagai konteks pada studi ini.

Untuk skala penilaian studi ini menggunakan 5 (lima) kategori seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Skala penilaian

Kategori	UDI 250-750 Rata-rata/Tahun (%)
Sangat Baik	81-100
Baik	61-80
Cukup	41-60
Kurang	21-40
Sangat Kurang	0-20

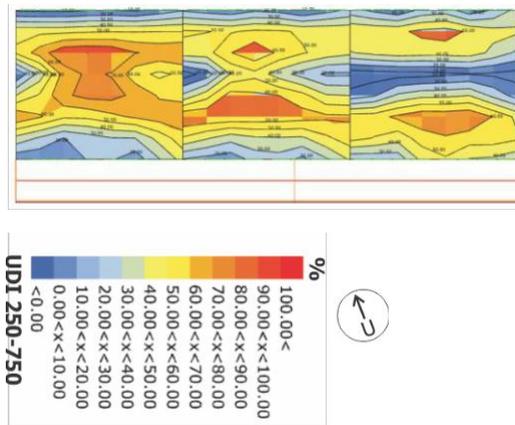
(Sumber: Penulis 2019)

## Hasil dan Pembahasan

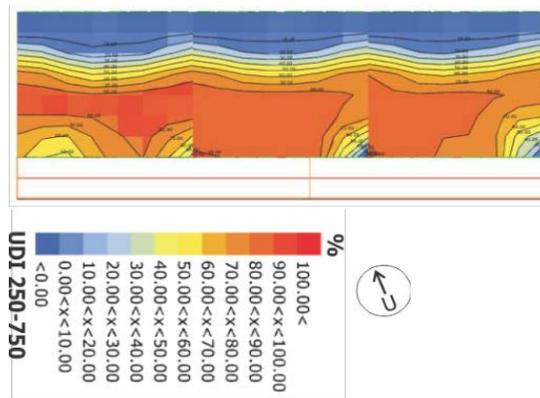
Hasil simulasi menunjukkan performa yang berbeda-beda untuk setiap ruang kelas baik yang berada di lantai 1 maupun yang berada di lantai 2. Hasil simulasi UDI 250-750 Lux untuk setiap lantai ditunjukkan pada Gambar 3 (lantai 1) dan Gambar 4 (lantai 2) berikut. Sementara hasil simulasi rata-rata per tahun pada setiap ruangan untuk UDI <250 Lux, UDI 250-750 Lux dan UDI >750 Lux dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil simulasi tersebut dapat terlihat bahwa ruang kelas pada lantai 2 mendapatkan distribusi pencahayaan alami yang lebih baik dibandingkan lantai 1. Dari data pada Tabel 2, jika dilihat dengan skala penilaian maka terdapat satu kelas dengan UDI 250-750 Lux pada kategori kurang yaitu R1 (38,41%) dan R1 menjadi kelas yang paling buruk kondisi pencahayaan alami dibandingkan dengan ruang kelas lainnya. Sementara lima ruang lainnya berada pada kategori cukup. Kondisi distribusi cahaya alami yang terbaik terdapat pada R5 (lantai 2) dengan UDI 250-750 Lux 54,45%.

Lebih jauh, kondisi tidak terpenuhi ruang-ruang pada lantai 1 dan lantai 2 menunjukkan penyebab yang berbeda. Pada kelas yang terletak di lantai 1 penyebab tidak terpenuhi akibat tidak cukup dan kelebihan cahaya alami berperan hampir sama dan jika dirata-ratakan kondisi UDI <250 Lux lantai 1 28,49% dan kondisi UDI >750 Lux 27,69%.



Gambar 3. Hasil simulasi UDI 250-750 Lux lantai 1 R1 (Kanan), R2 (Tengah), R3 (Kiri) (Penulis, 2019)



Gambar 4. Hasil simulasi UDI 250-750 Lux lantai 2 R4 (Kanan), R5 (Tengah), R6 (Kiri) (Penulis, 2019)

Tabel 2. Hasil simulasi UDI setiap ruang kelas

RUANG	RATA-RATA/PERTAHUN (%)		
	UDI < 250 Lux	UDI 250-750 Lux	UDI > 750 Lux
R1	39,57	38,41	22,02
R2	28,06	44,11	27,83
R3	17,83	48,94	33,23
R4	10,95	52,52	36,53
R5	07,92	54,45	37,63
R6	05,51	51,20	43,29

(Sumber: Penulis 2019)

Situasi yang berbeda ditunjukkan pada ruang-ruang yang berada pada lantai 2. Kelas-kelas pada lantai ini menunjukkan kondisi tidak terpenuhi disebabkan secara dominan oleh cahaya berlebih yaitu jika dirata-ratakan UDI > 750 Lux berada pada angka 39,15%. Sedangkan kondisi tidak terpenuhi akibat kekurangan cahaya yaitu UDI < 250 Lux hanya berkontribusi 8,13%.

Kondisi tidak terpenuhi karena cahaya alami yang kurang disebabkan oleh bangunan konteks yang memiliki jarak yang relatif dekat dengan ruang kelas pada bagian belakang yang memiliki jarak

hanya 1,8 meter dengan tinggi bangunan konteks 2,5 meter. Konteks pada bagian belakang terdiri dari pagar sekolah sendiri dan bangunan tetangga. Kontribusi konteks yang menyebabkan tidak terpenuhi cahaya alami juga senada dengan studi yang dilakukan sebelumnya oleh Wibowo et al., (2017).

Desain massa bangunan yang dapat menghalangi distribusi cahaya alami juga terdapat pada SDN 1 Banda Sakti ini. Seperti terlihat pada Gambar 1 ada bagian dari massa bangunan yang terdapat disamping ruang kelas pada sisi timur. Kontribusi hal ini terlihat dari peningkatan nilai  $UDI < 250$  Lux pada R1 dan R4. Hal yang terjadi pada sekolah ini ada desain massa yang tidak sesuai dengan orientasi bangunan.

Lebih lanjut, kondisi window wall ratio (WWR) eksisting berkontribusi terhadap tidak optimalnya pecahayaan alami pada ruang kelas. Terlihat bahwa desain WWR sama/identik untuk seluruh ruang kelas dengan situasi konteks yang berbeda. Hal ini terindikasi dari besarnya area  $UDI < 250$  Lux dan  $UDI > 750$  Lux pada ruang-ruang kelas.

Satu hal yang memiliki kontribusi positif terhadap penerimaan cahaya matahari, walaupun belum optimal, adalah overhang atap pada lantai 2. Hal ini terindikasi dari besarnya peningkatan area  $UDI 250-750$  Lux pada lantai 2 seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat pada gambar tersebut distribusi memenuhi terbanyak terletak pada bagian depan ruang belajar. *Overhang* ini bisa dijadikan sebagai fitur yang layak dipertimbangkan untuk pengoptimalan cahaya alami pada bangunan.

## **Kesimpulan**

Artikel ini menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan alami kurang memuaskan pada seluruh ruang kelas yang ada pada SDN 1 Banda Sakti, Kota Lhokseumawe, Aceh. Ada beberapa hal yang menyebabkan kondisi cahaya alami yang tidak ramah pada ruang kelas sekolah ini. Pertama, kondisi konteks yang berjarak terlalu dekat dengan ruang kelas. Kedua, desain massa bangunan yang tidak memperhatikan orientasi dan garis edar matahari pada lokasi bangunan. Terakhir, desain WWR yang uniform untuk situasi ruang kelas yang berbeda-beda.

Namun, dari studi ini terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan terkait pengoptimalan pencahayaan alami pada ruang kelas. Pertama, dalam desain dan penempatan ruang kelas disarankan untuk mempertimbangkan kondisi konteks yang ada dan mungkin kondisi perkembangan konteks yang mungkin terjadi disekitar lokasi sekolah. Kedua, desain massa bangunan untuk ruang kelas disarankan selalu memperhatikan garis edar matahari, sehingga dapat mengoptimalkan distribusi cahaya alami kedalam ruangan kelas. Ketiga, desain WWR yang sama untuk seluruh ruang kelas tidak relevan untuk peningkatan cahaya alami pada ruang kelas. Terakhir, memanfaatkan overhang, seperti pada objek penelitian ini dengan cara optimalisasi desain sehingga ideal untuk pencahayaan alami.

## **Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini didanai oleh DRPM Kemenristekdikti melalui skema penelitian Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2019 lewat LPPM Universitas Malikussaleh, untuk itu penulis memberikan apresiasi yang sebesar-besarnya.

## Daftar Pustaka

- Anderson, K. (2014). *Design Energy Simulation for Architects*. New York: Routledge.
- Atthallah, Bakhtiar, A., & Badriana. (2019). Optimalisasi pencahayaan alami dengan Useful Daylight Illuminance (UDI) pada desain Rumah Toko (RUKO) di Kota Lhokseumawe. *Nature: National Academic Journal of Architecture*, 6 (1).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.24252/nature.v6i1a2>
- Atthallah, Wijayanti, S., & Hassan, S. M. (2018). Simulasi Desain Fasad Optimal Terhadap Pencahayaan Alami Pada Gedung Prodi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *EMARA: Indonesian Journal of Architecture*, 4 (1), 21–29.  
<https://doi.org/10.29080/emara.v4i1.228>
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting, Architecture and Health: Building design strategies*. Oxford: Elsevier.
- Heschong, L., Wright, R., & Okura, S. (2000). *Daylighting and Productivity: Elementary School Studies, in Efficiency and Sustainability*. Washington.
- Idrus, I., Hamzah, B., & Mulyadi, R. (2016). Intensitas pencahayaan alami ruang kelas sekolah dasar di kota makassar. *Simposium Nasional RAPI XV-2016 FT UMS*, 473–479. Retrieved from [https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/8076/K22\\_IrnawatyIdrus.pdf?sequence=1](https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/8076/K22_IrnawatyIdrus.pdf?sequence=1)
- Lechner, N. (2007). *Heating, Cooling, Lighting: Strategi Desain untuk Arsitektur* (2nd ed.). Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2012). Daylighting Metrics: Is there a relation between Useful Daylight Illuminance and Daylight Glare Probability? *Proceedings of the Building Simulation and Optimization Conference BSO12*. Retrieved from <https://infoscience.epfl.ch/record/179939>
- Mediastika, C. E. (2013). *Hemat Energi Dan Lestari Lingkungan Yogyakarta: CV Andi Offset*.
- Moreno, M. B. P., & Labarca, C. Y. (2015). Methodology for assessing daylighting design strategies in classroom with a climate-based method. *Sustainability (Switzerland)*, 7 (1), 880–897.  
<https://doi.org/10.3390/su7010880>
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminances: a new paradigm for assessing daylight in building. *Lighting Research and Technology*.  
<https://doi.org/10.1191/1365782805li128oa>
- SNI 03-6197, A. (2000). *Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Wibowo, R., Kindangen, J. I., & Sangkertadi. (2017). Sistem pencahayaan alami dan buatan di ruang kelas sekolah dasar di kawasan perkotaan. *Jurnal Arsitektur DASENG*, 6 (1), 87–98. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/daseng/article/view/16770/pdf>